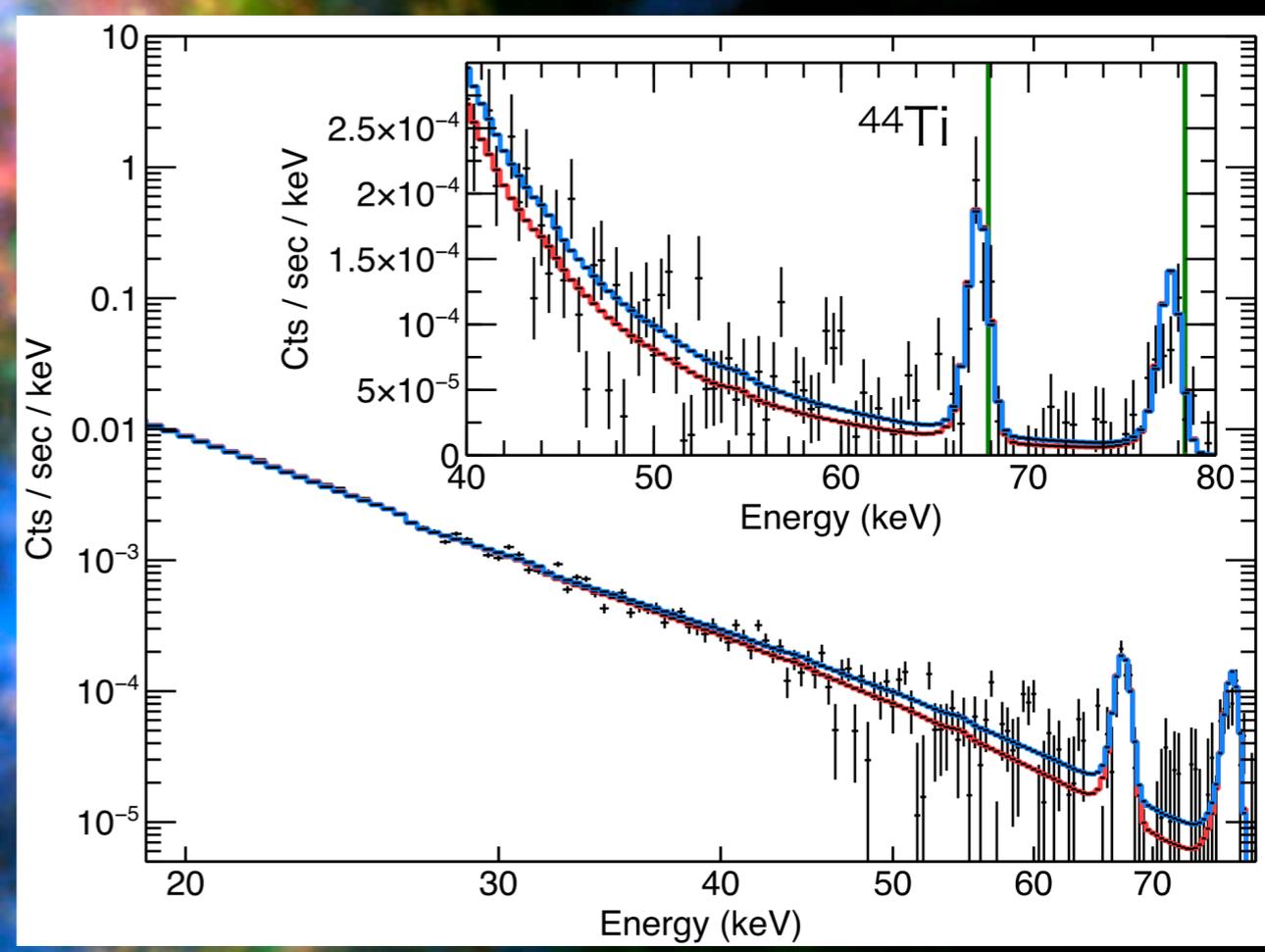
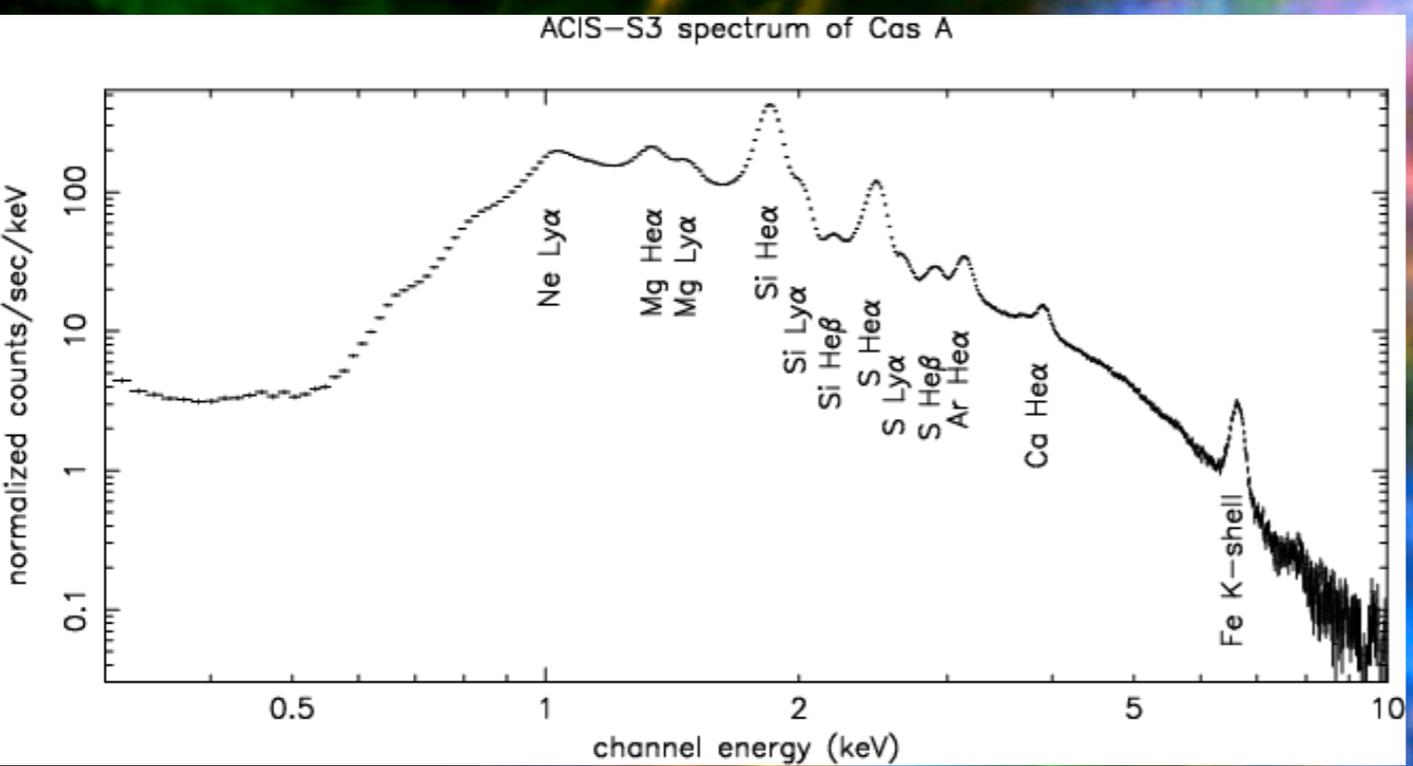


さつぞう

ガンマ線撮像装置開発の旅



超新星爆発から出るX線・ガンマ線



超新星爆発は我ら生命の母

ビッグバン元素合成

水素 (H)、ヘリウム (He)

星での元素合成 (核融合)

炭素 (C)、窒素 (N)、酸素 (O) …

超新星爆発での元素合成？

亜鉛 (Zn)、銀 (Ag)、金 (Au)、ウラン (U)

人間の素

水 + タンパク質

(水素、炭素、窒素、酸素)



半導体コンプトンカメラ

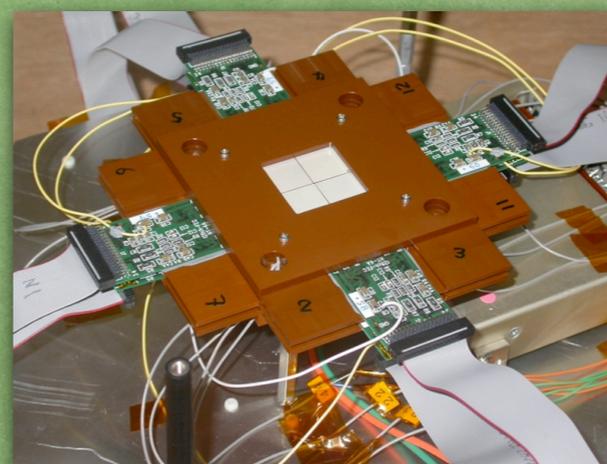
初めての本格的な性能評価プロトタイプ (Takeda et al. 2007)

4 layers Si double-sided strip detector module (Takeda et al. SPIE newsroom)



Strip pitch : 400 μm
Device size : 2.56 cm x 2.56 cm
Num. of strips : 64 x 64
Stack pitch : 2 mm
 ΔE : 1.6 keV at 60 keV (FWHM)

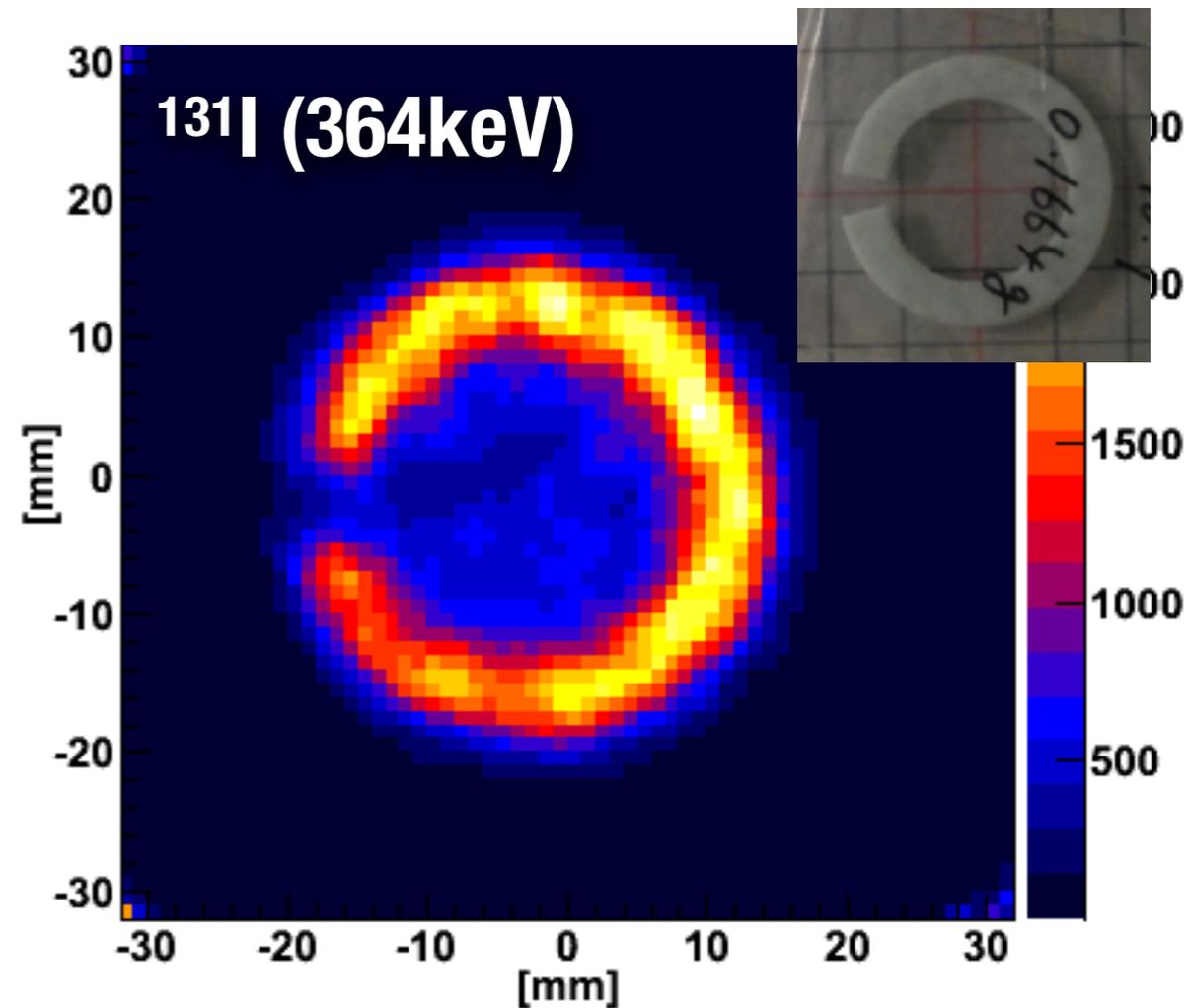
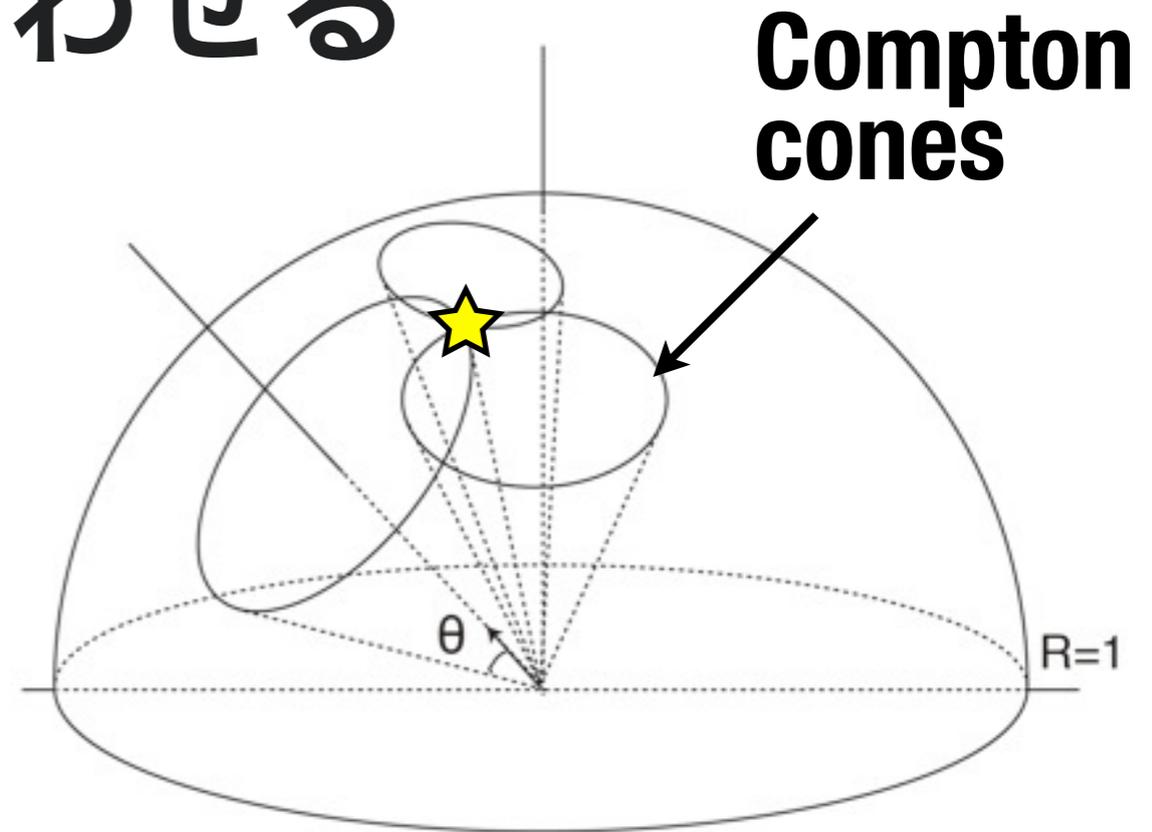
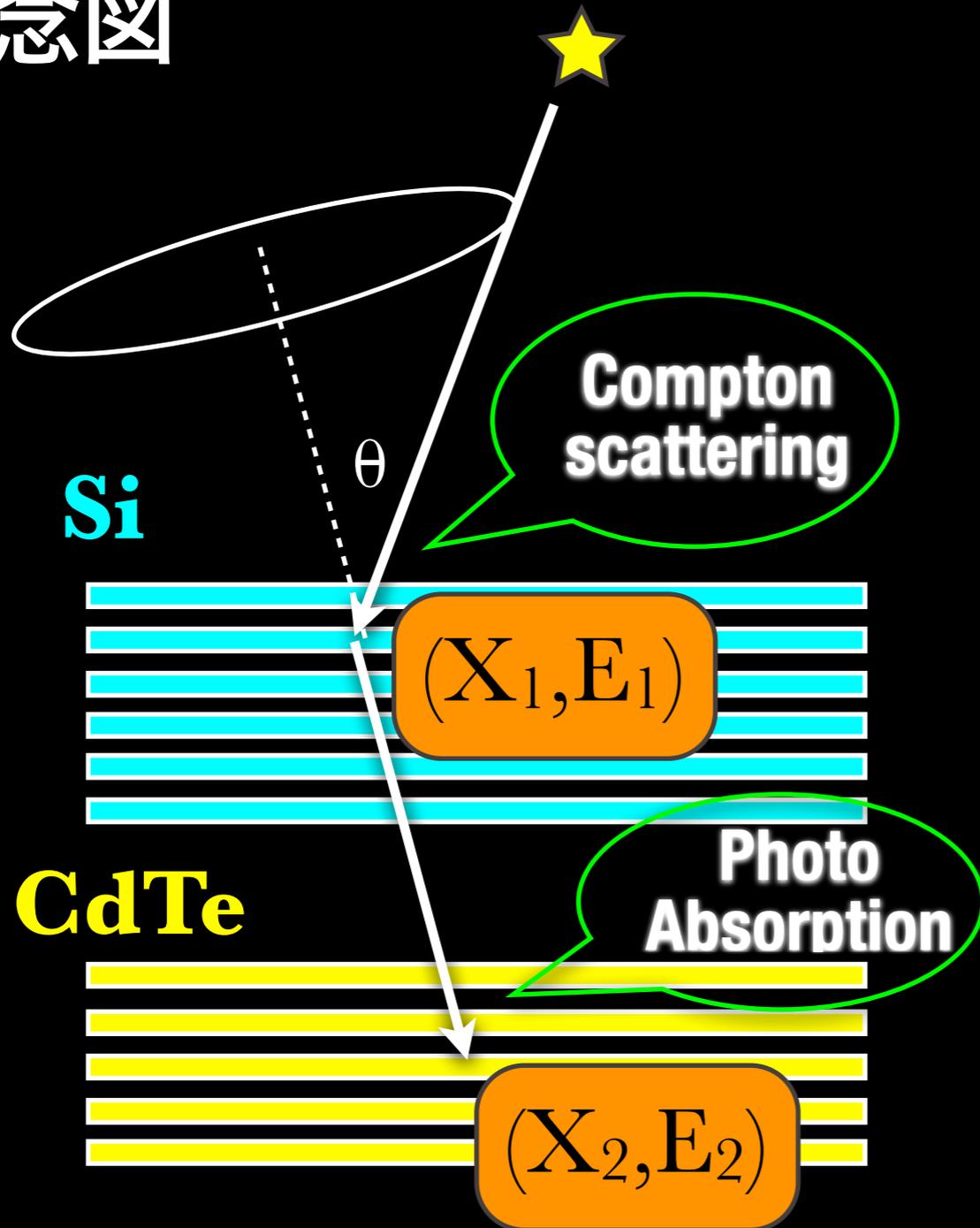
4 layers CdTe pixel detector module



Pixel size : 1.4 x 1.4 mm
Device size : 1.35 cm x 1.35 cm
Num. of pixels : 64
Stack pitch : 2 mm
 $\Delta E/E$: < 1.0 % (FWHM)

円環を重ね合わせる

概念図



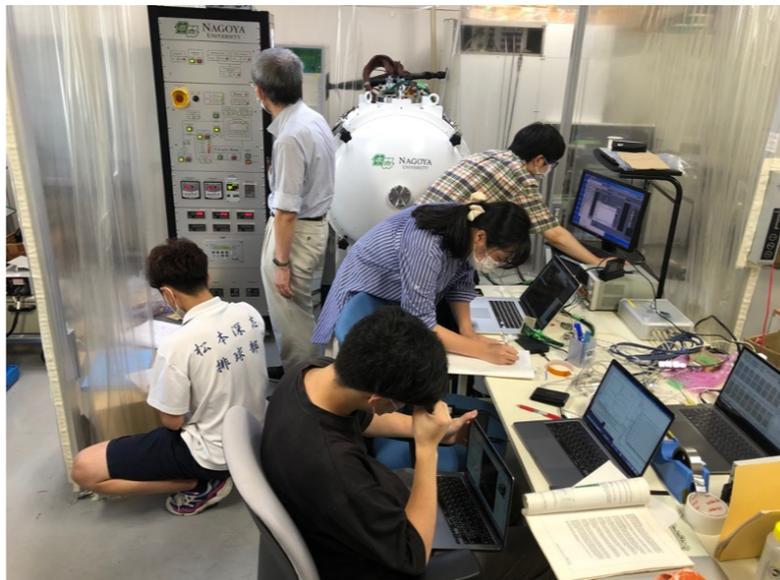
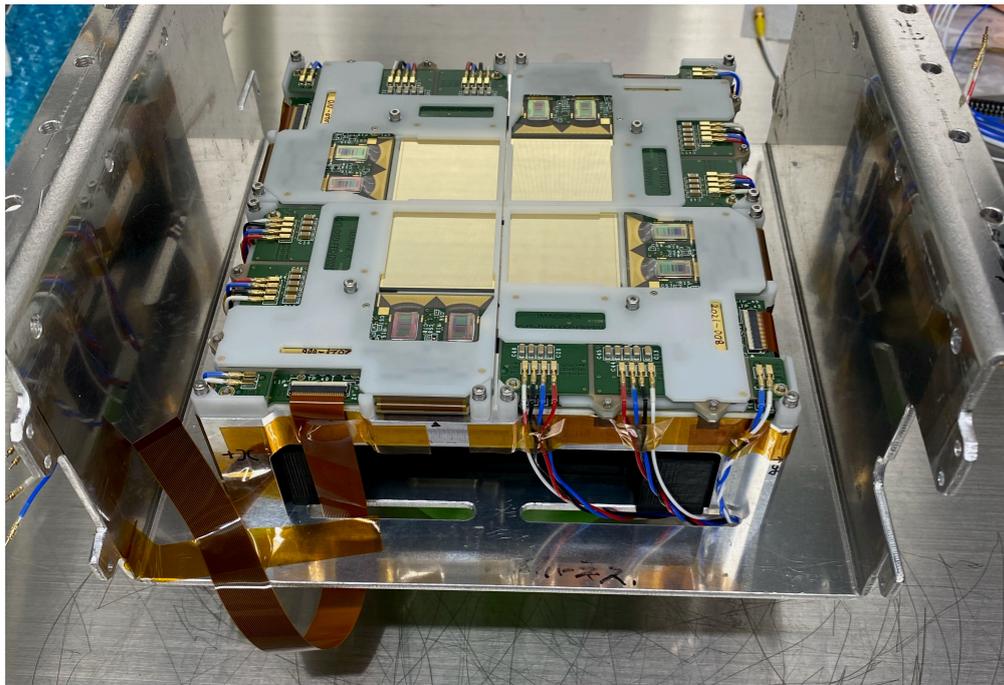
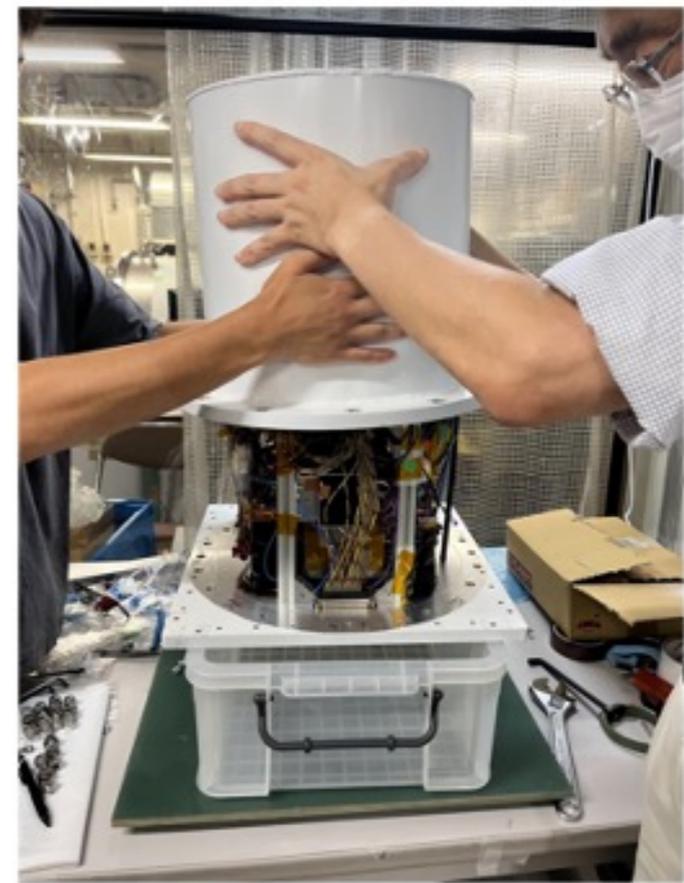
『HEFT』計画

カリフォルニア工科大・コロンビア大を中心とし、硬X線撮像観測をおこなうNASAの大気球プロジェクト。2008年8月の第二回フライトで合同実験をおこなう予定。(であったがフライトキャンセル)



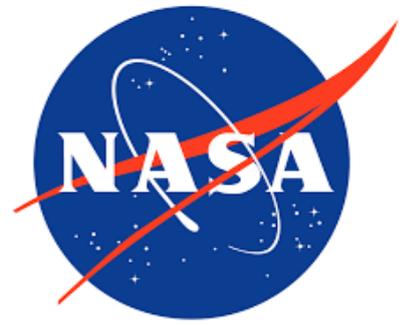
再チャレンジへ 立ち上がる

2020年、名古屋大とKavli IPMUは、天体観測用のガンマ線観測装置の開発に着手した。JAXA大気球で観測装置を高度40kmにまで運び、天体の観測を行う。2023年4月、アリススプリング(オーストラリア)にて放球予定。



噛み合わせ試験@宇宙研
2022.10.27

NASAからのメール



Dear Shin'ichiro

After much internal discussion today, we would like to receive two separate quote options from **iMAGINE-X** based on the CdTe DSD design employed for the Hitomi Hard X-ray Imager (250 um pitch).

Option 1-

Four (4) separate detector planes each with four (4) CdTe DSDs (250 um pitch) abutted in a two by two (or 'quad') layout, positioned as close as possible, as depicted in the photos you have included in your previous email.

Option 2-

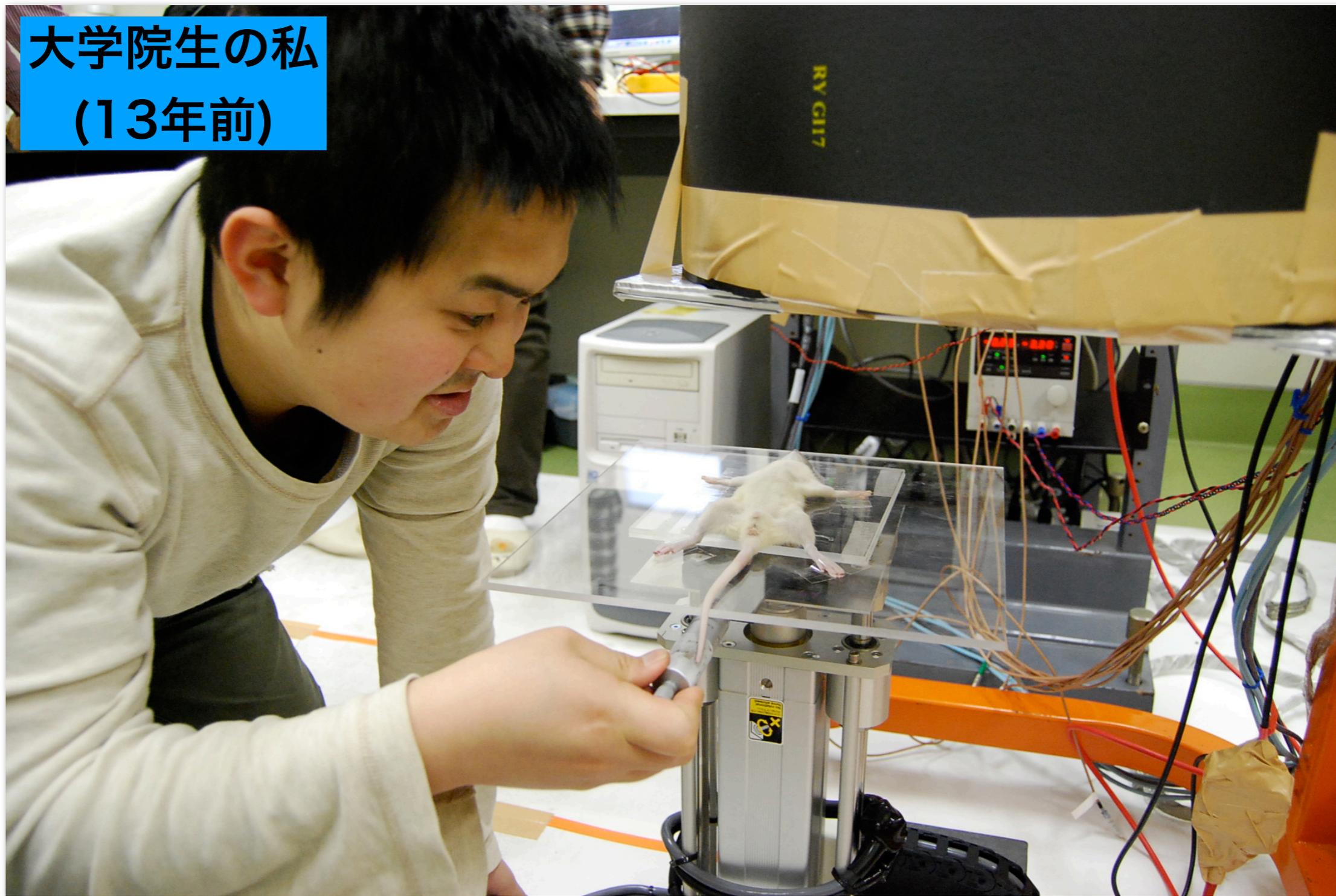
One (1) detector plane with four (4) CdTe DSDs (250 um pitch) abutted in a quad layout and three (3) separate detector planes that have only one(1) CdTe DSD (250 um pitch).

Could you prepare quotes for Option 1 and Option 2?

Nick Thomas

宇宙センサ技術を医学で使う

大学院生の私
(13年前)



イメージング連携拠点の開設@カブリIPMU(2018)

日経産業新聞

宇宙観測技術でがん発見

最先端の宇宙観測用センサーを医学に応用

ブラックホールや銀河団などを観測
宇宙観測用半導体センサー
生体内の薬の動きなどを観測
医学研究用3Dイメージング装置

センサーが幹細胞識別

この3Dイメージングセンサーをがんの研究だけでなく、生命科学の研究や材料開発など幅広い分野で利用する取り組みも始まる。宇宙観測検出器と量子ビームの出会いのテーマで、文部科学省による科学研究費助成事業の新学術領域研究に採択された。22年度までの5年計画で、センサーを素粒子のミュオンなどを利用する分析装置と宇宙観測用センサーを組み合わせ、ものなかつてマウスなど小動物の生体内の動きなどを詳しく観察する技術の開発を進める。

ミュオンを使うと、SPring-8のような施設では難しい水素やリチウムなど軽い元素を調べられる。リチウムイオン電池のなかでイオンがどのように動いているかなどを詳しく調べて高効率の次電池を開発するなどの使い方が期待される。

「これまで宇宙観測専用に使われていた半導体センサーががんの研究などに広く使われることで、小型化や量産によるコストダウンも期待できる。ぜひイメージング技術でも手軽に使用でき、基礎科学と社会への応用の間で技術の循環が生まれれば」と高橋教授は期待している。

(編集委員 小玉祥巳)

Start Up
Innovation
Science

- **生体内のがんを高感度・高解像度で可視化するために、物理・医学・生物・薬学の若手研究者が実際に手を動かす連携拠点へと発展**

[\(https://wpi-forum.jsps.go.jp/sousei/vol2-1/\)](https://wpi-forum.jsps.go.jp/sousei/vol2-1/)

- **国立がん研究センター、阪大医学部とα線核医学治療のためのイメージング装置開発で共同研究を開始(2020)**



初期メンバー:

カブリIPMU×JAXA
慶応医学部×東大薬学部

- **研究成果をいち早く世に出すためにベンチャー企業を設立**

IMAGINE-X

ミッション

「がん幹細胞」を見つけ出せ！

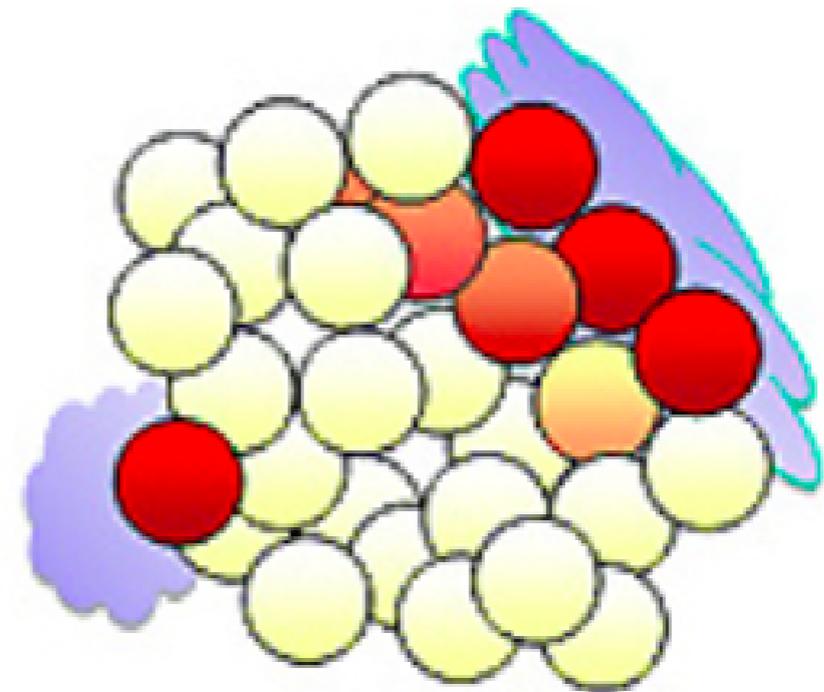
抗がん剤を可視化せよ！

XXXXXXXXXX！(製薬会社との共同研究^秘)

「がん幹細胞」を見つけ出せ！

がんの増殖と縮退の鍵

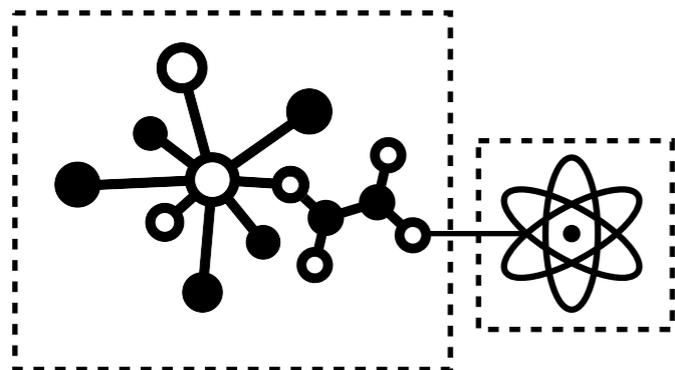
By prof. Saya



Recurrence

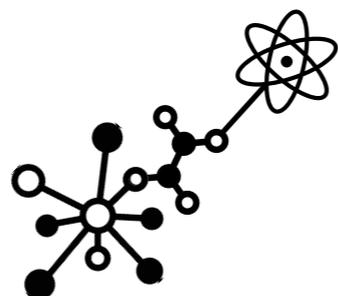
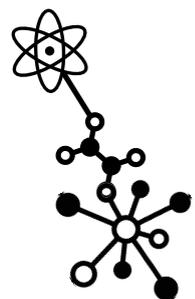
「がん幹細胞」が治療で駆除されたかを知るには、
「がん幹細胞」を見えるようにしなければならない。

どうやって見つける？

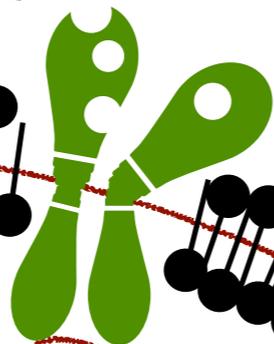


分子

アイソトープ
(ガンマ線を出す)

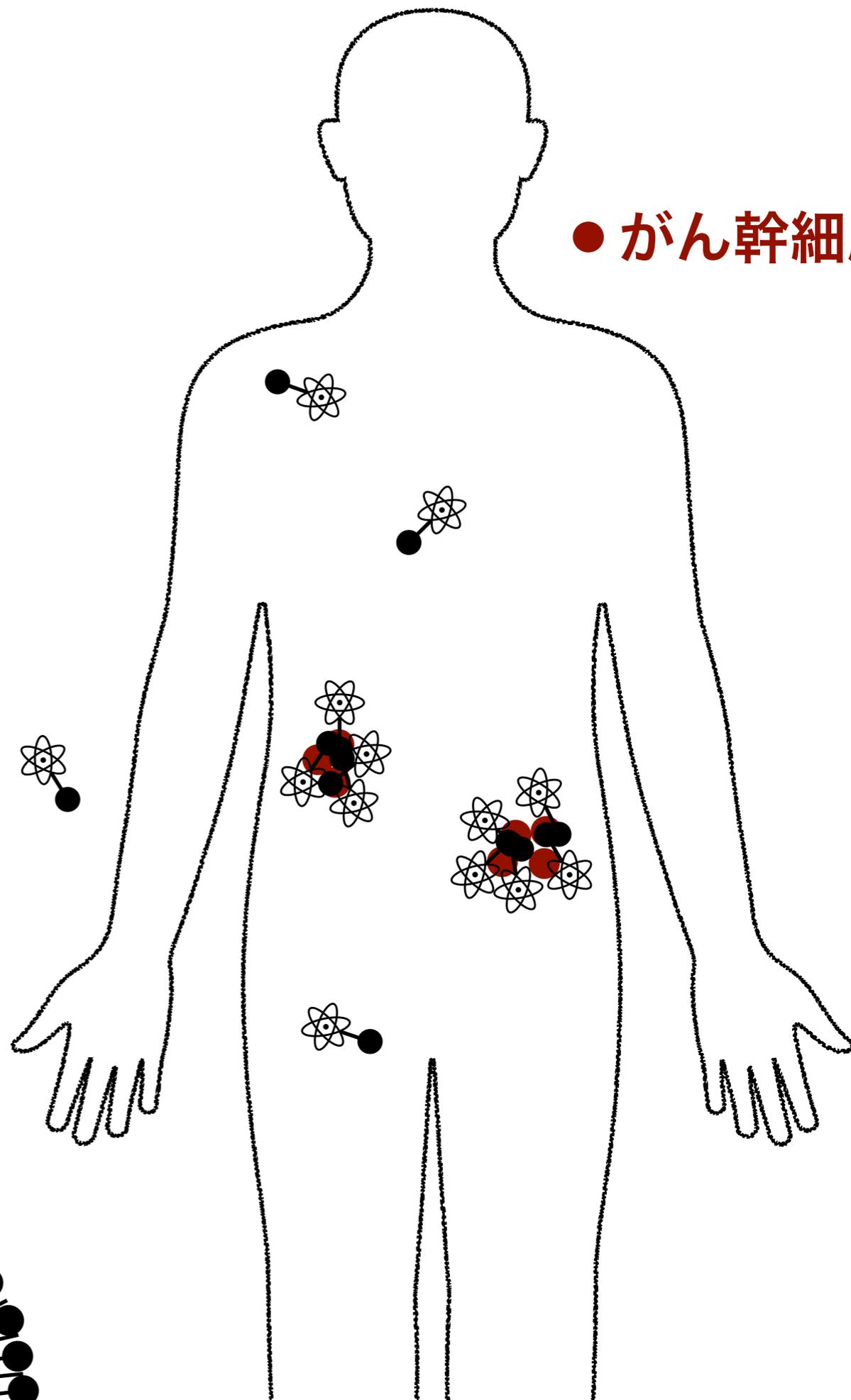


膜タンパク質

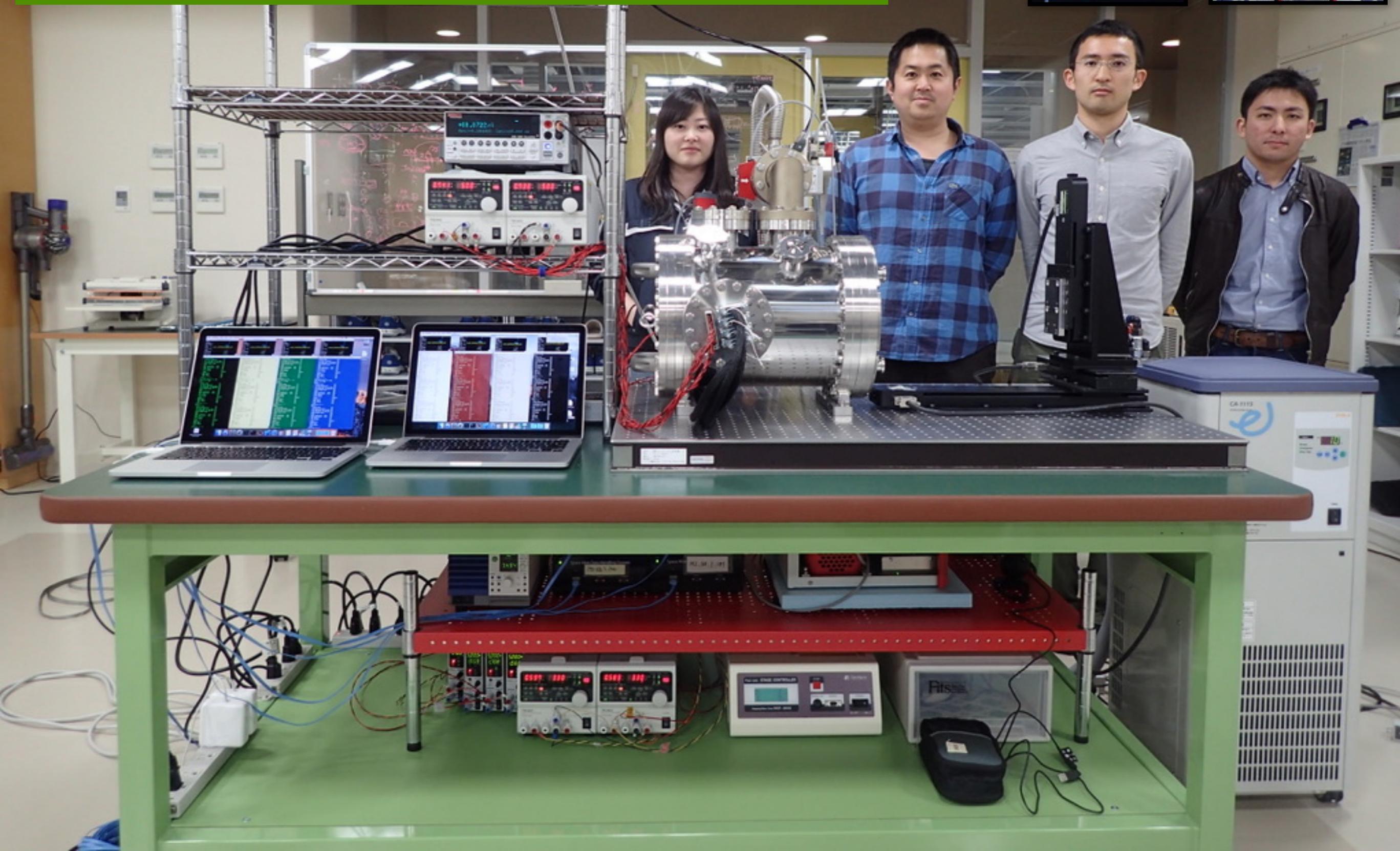


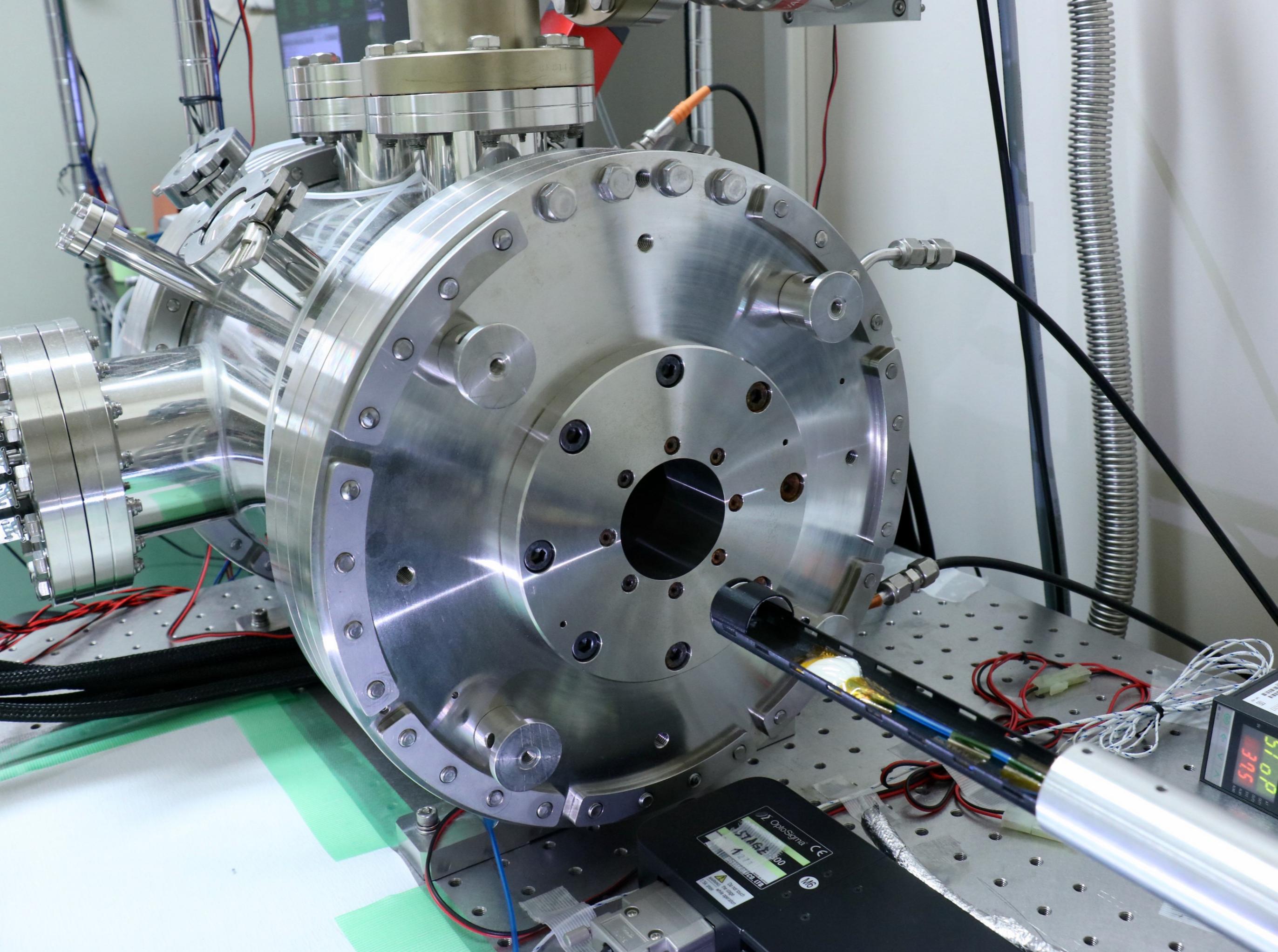
がん幹細胞

● がん幹細胞



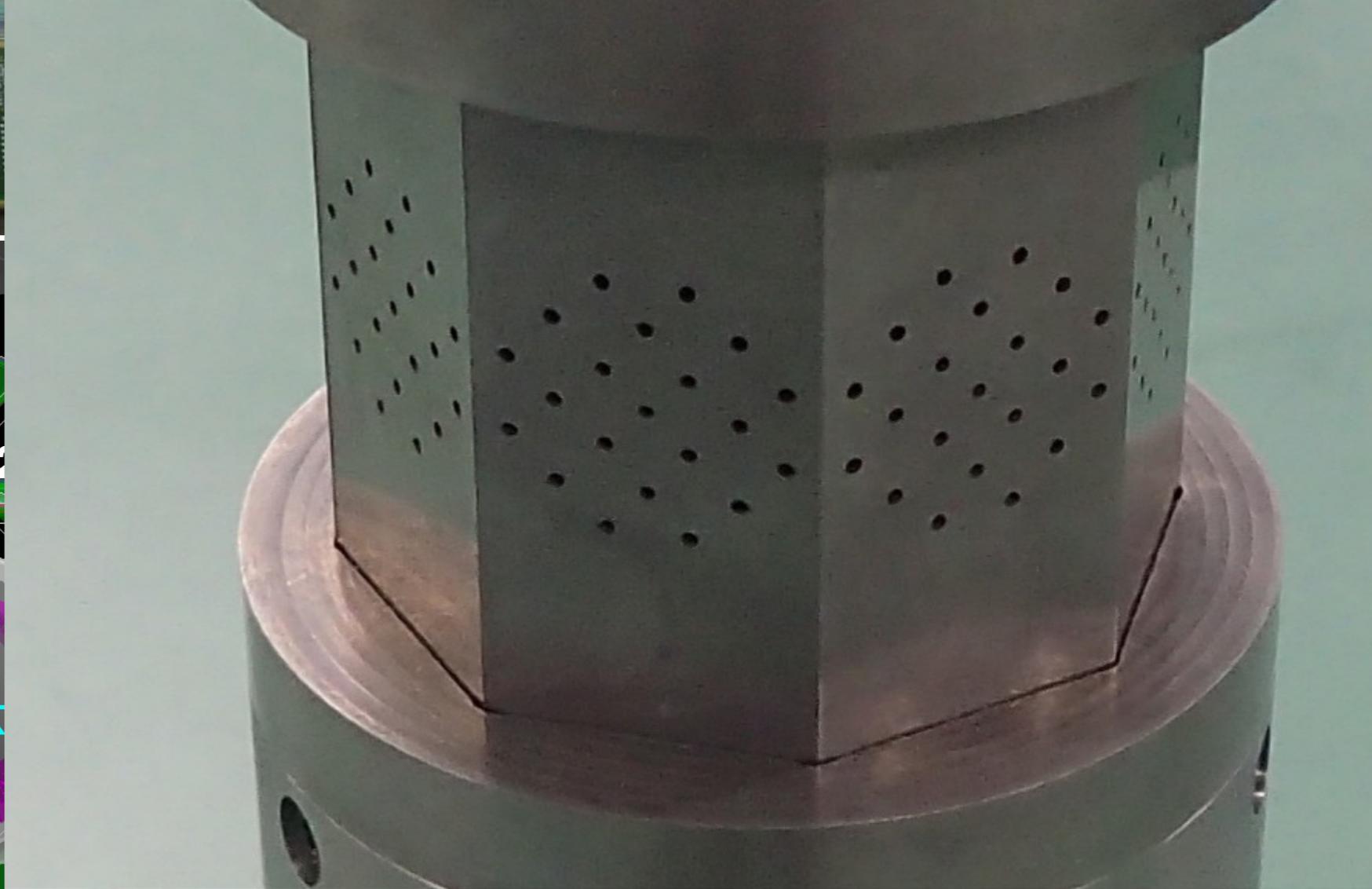
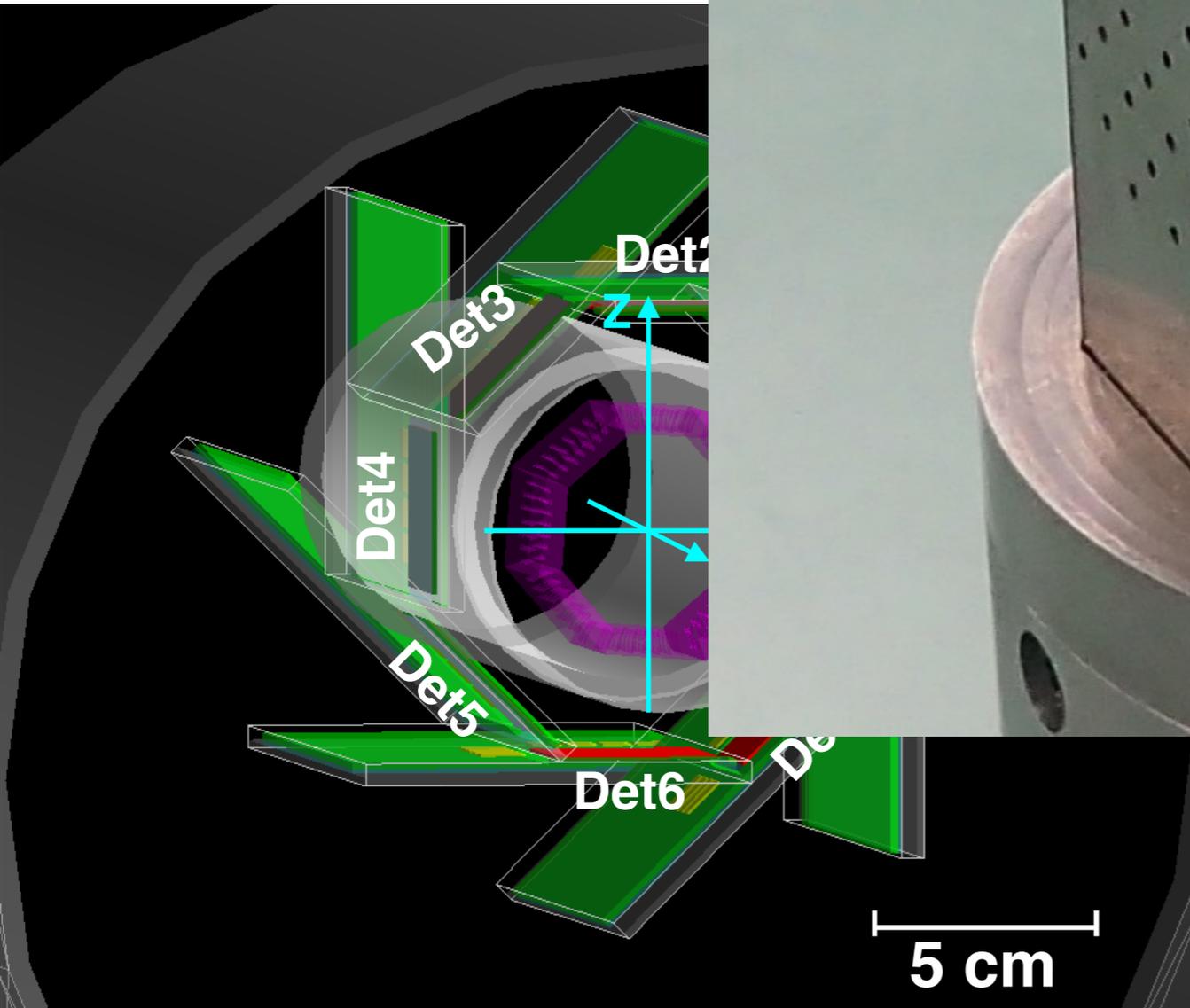
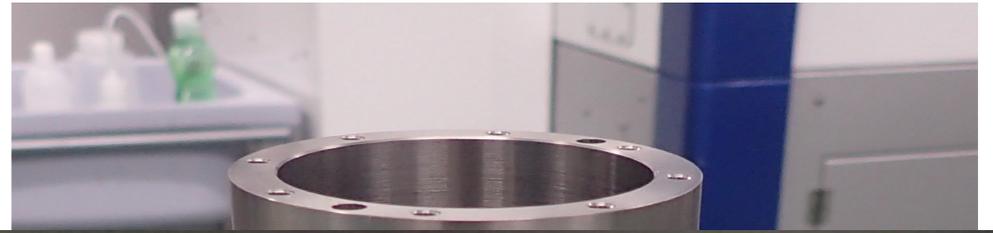
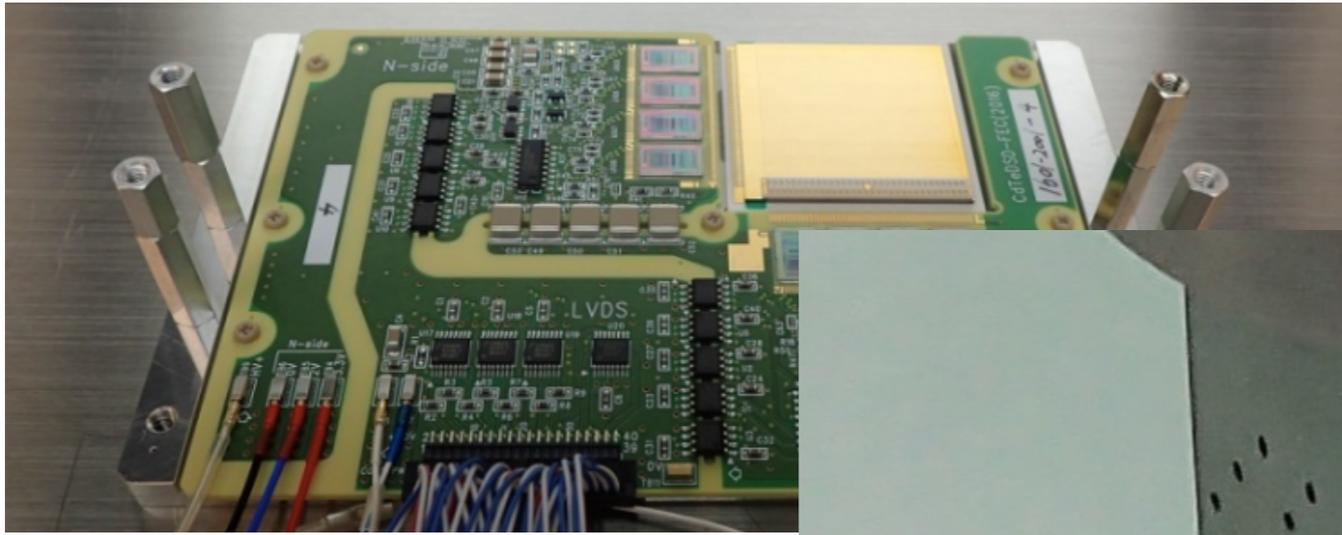
超高空間分解能 小動物3Dイメージング装置

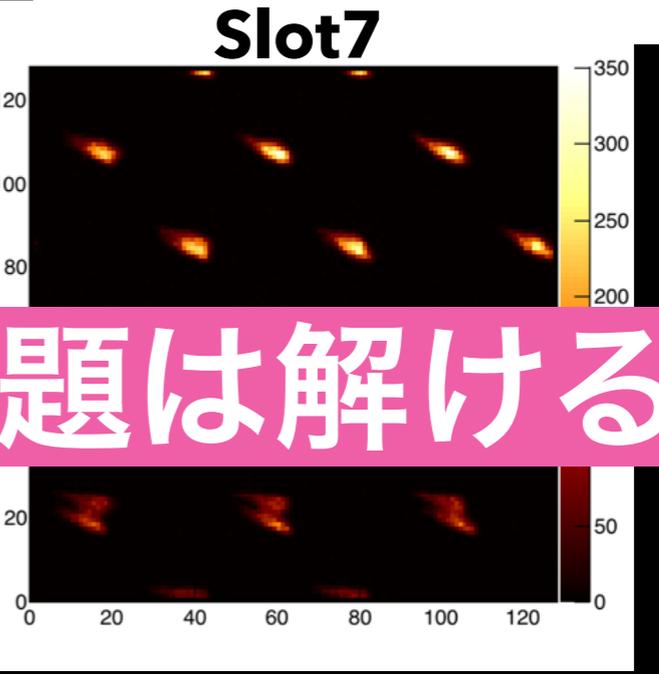
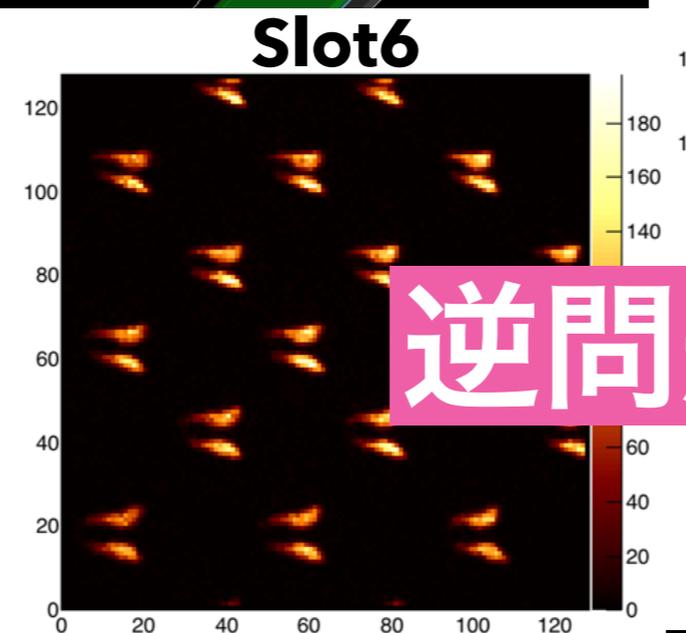
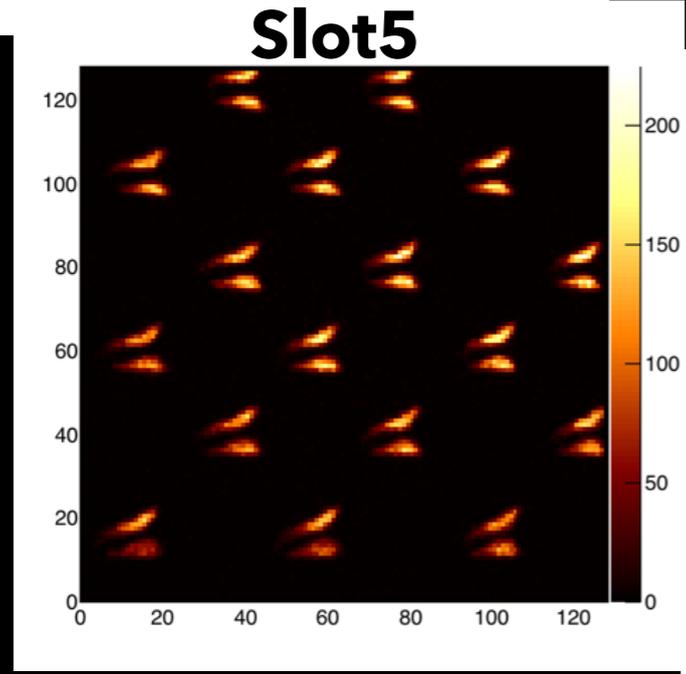
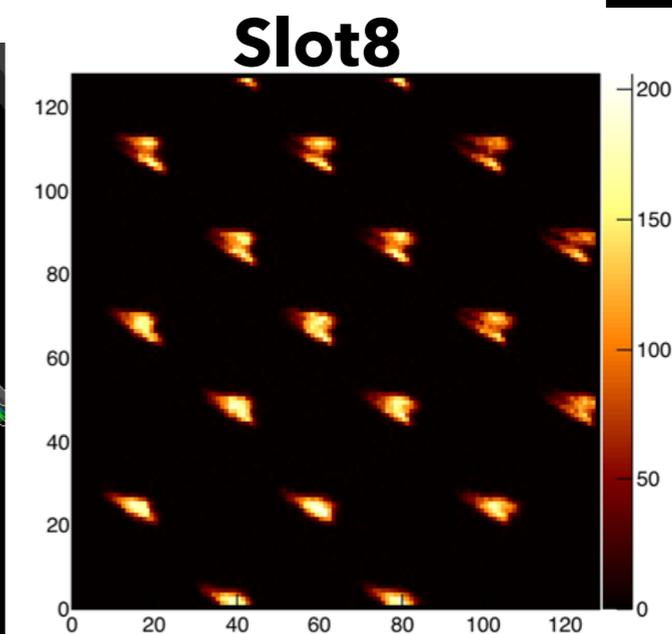
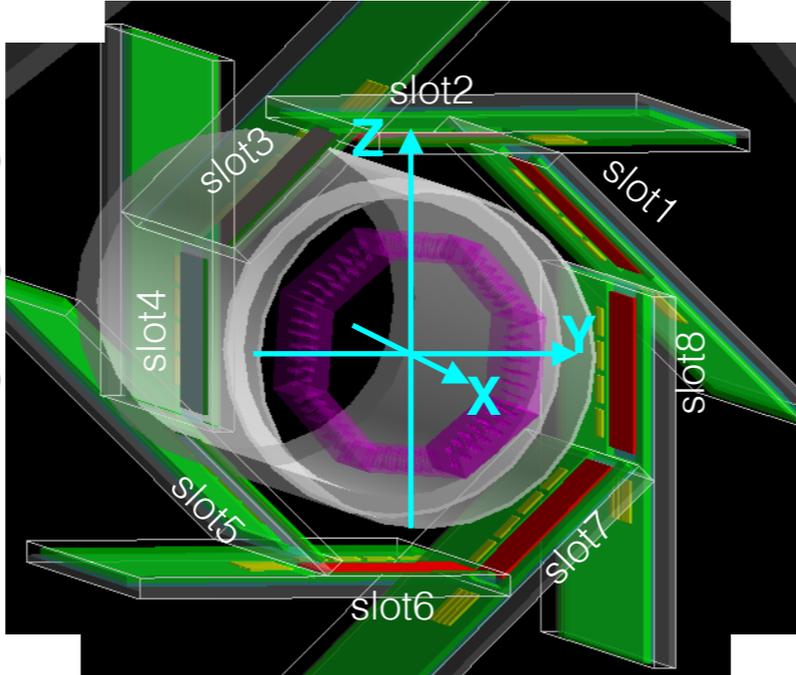
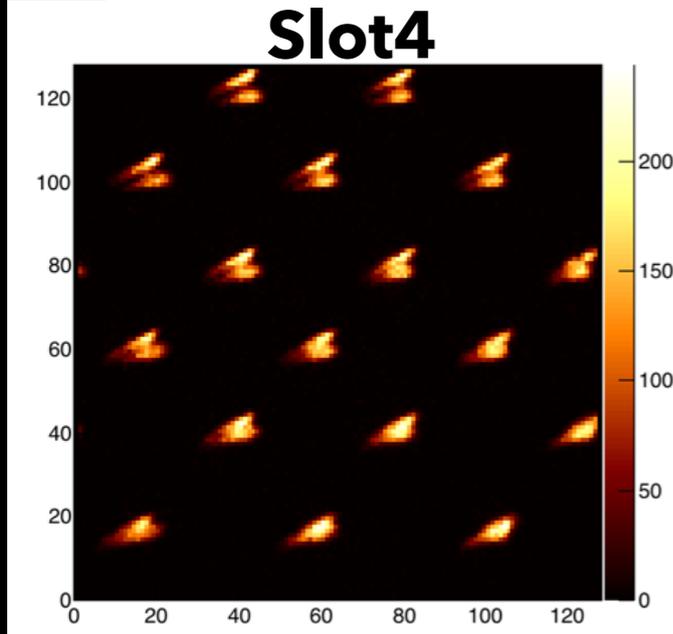
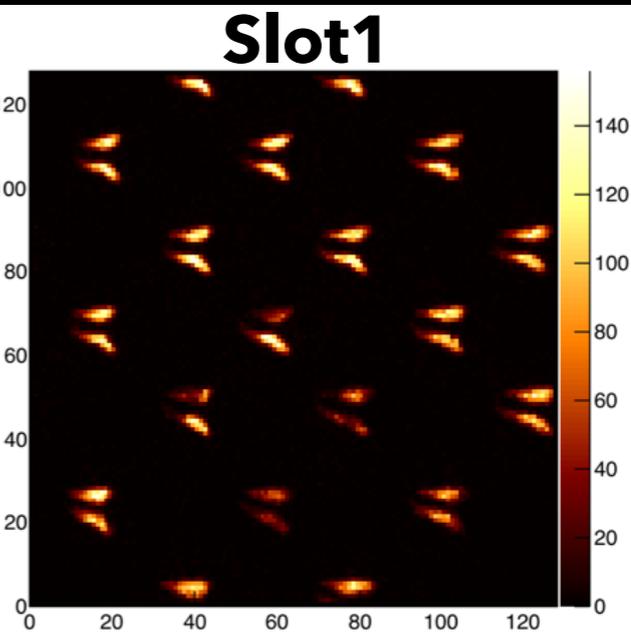
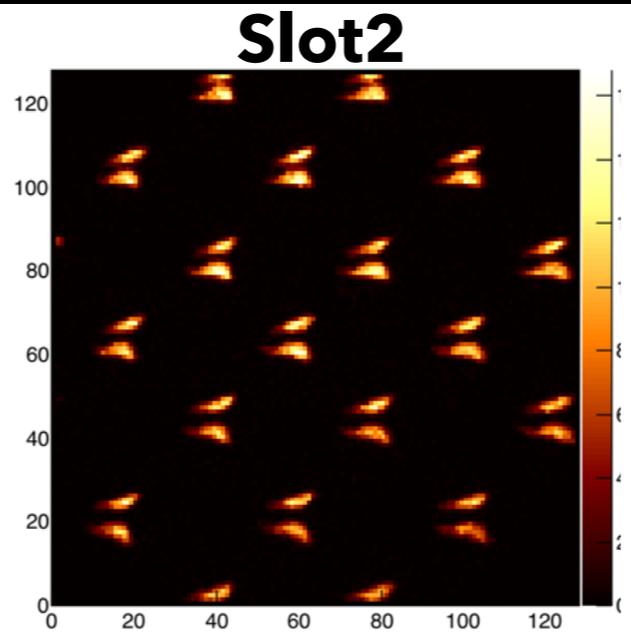
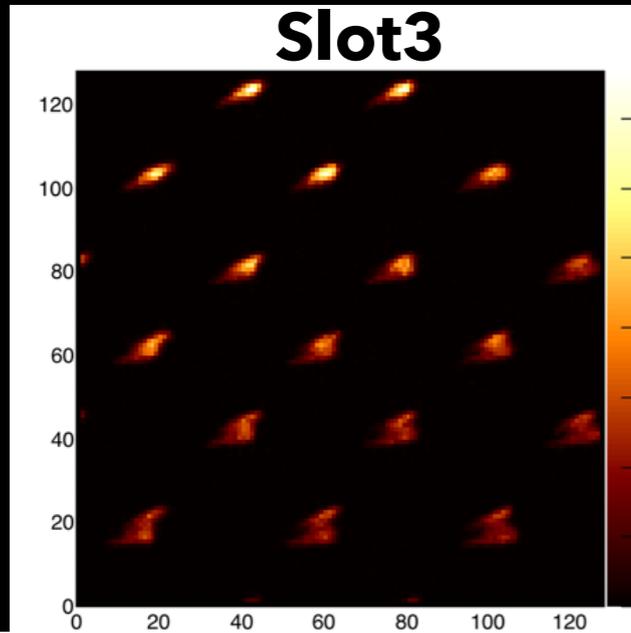




OptoSigma CE
157152-100
1.27
M6
DANGER
Laser Radiation
Do not look directly into the beam path

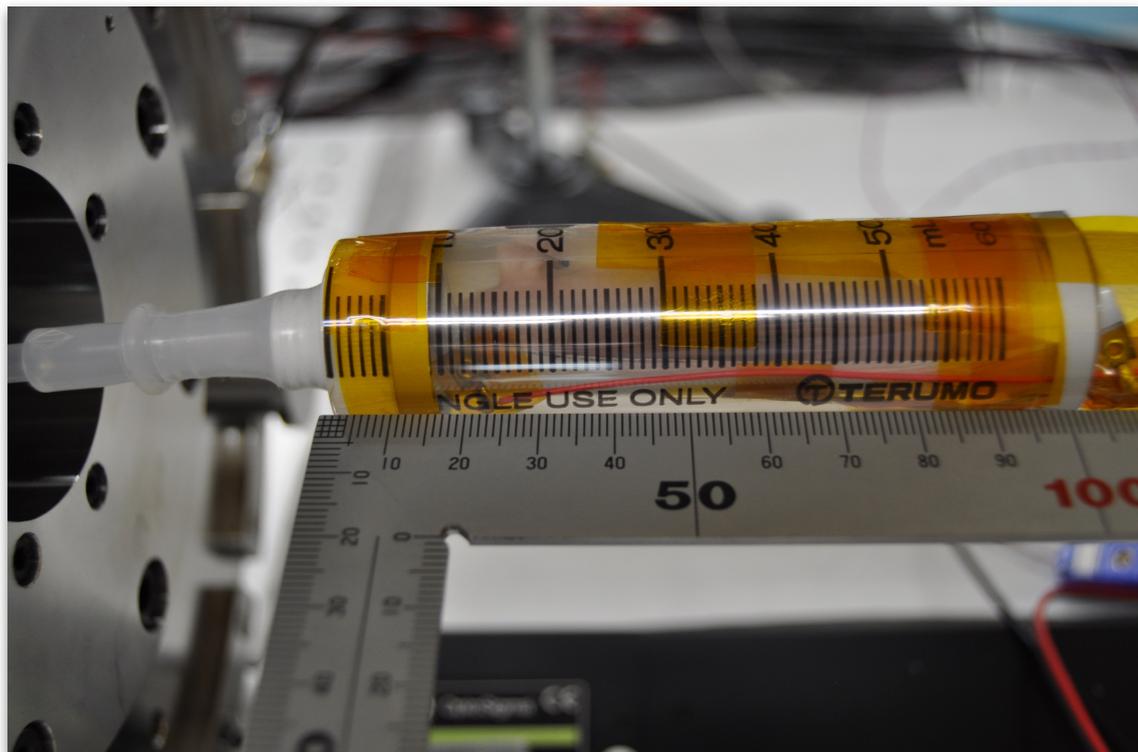
31.0 P
395





逆問題は解けるか？

ガンマ線イメージングの最前線



WL: 32768 WW: 65536

IAL

^{125}I , mouse thyroid

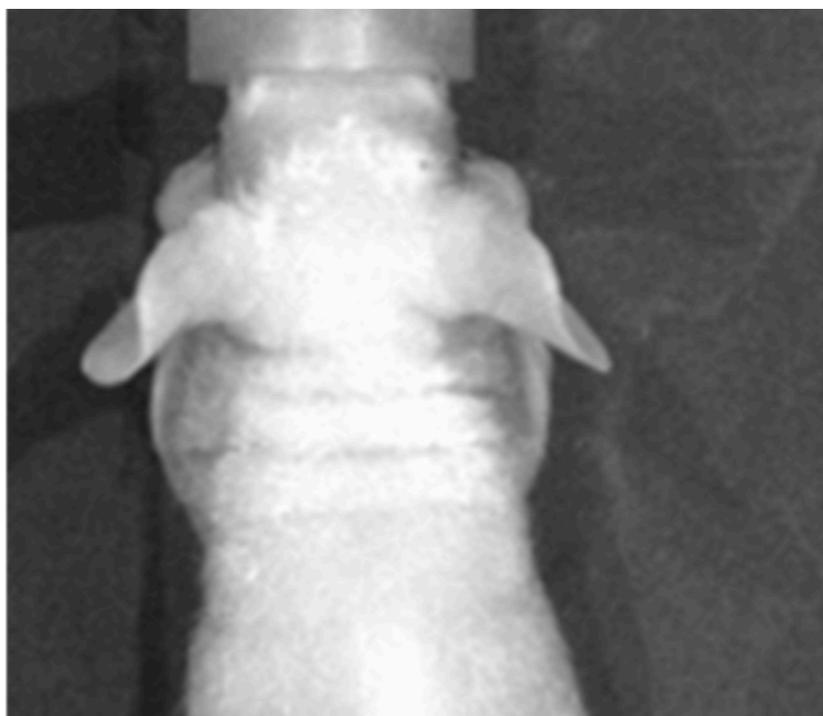
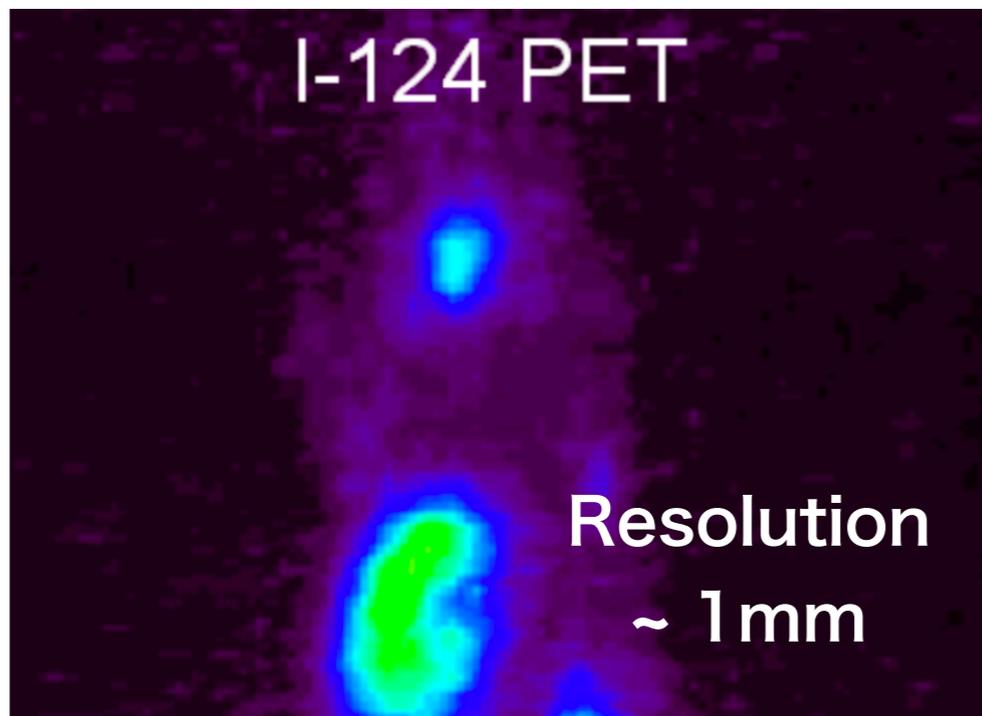
PIR

ASL



I-124 PET

Resolution
~ 1mm



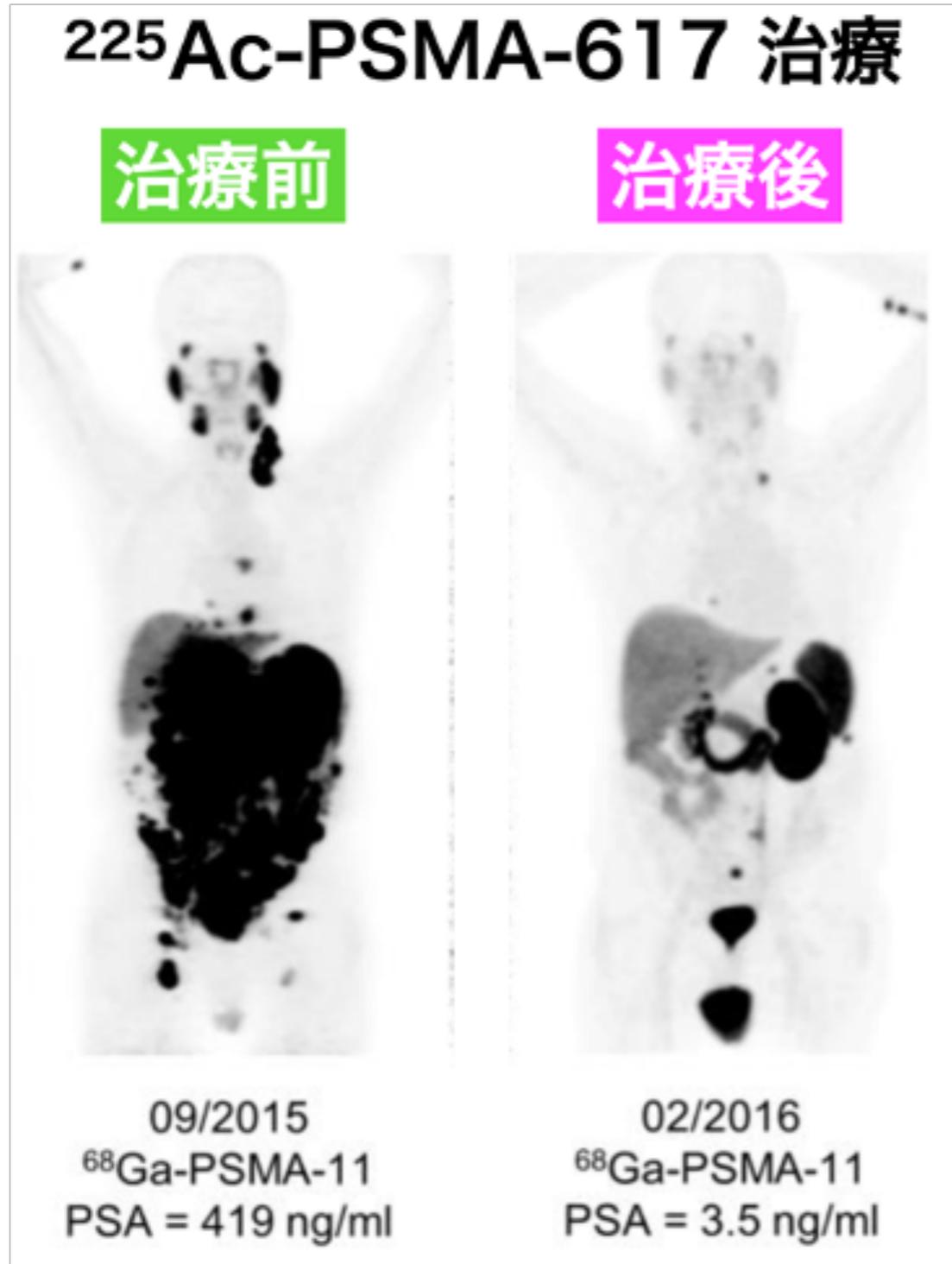
SPR

S-I: 2.6
L-R: 114.6
Roll: -137.7

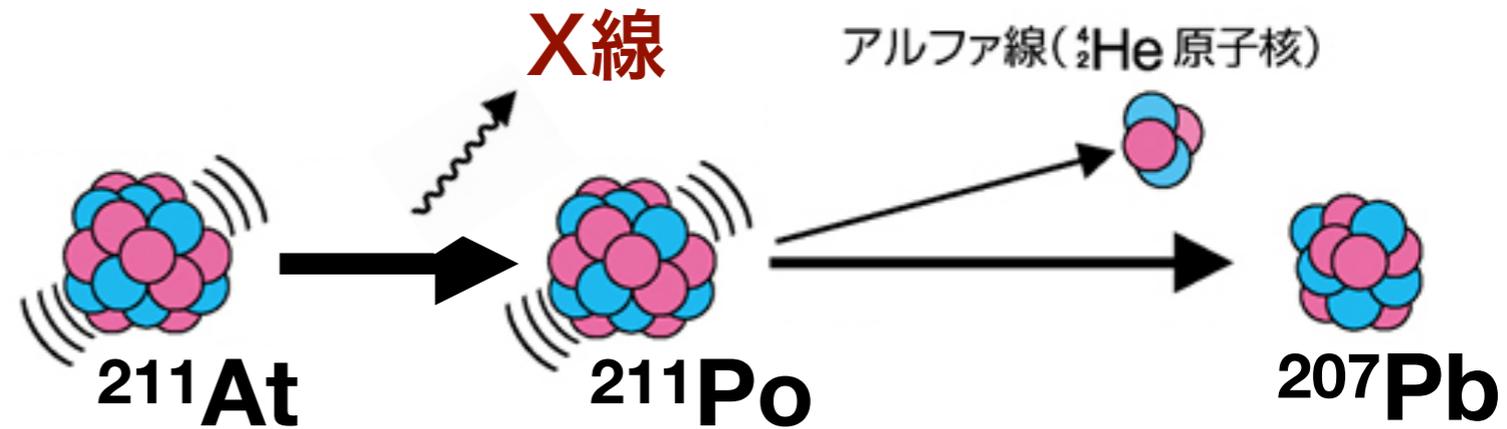
がん幹細胞プローブの開発が今後の重要課題

よく効く、しかも、見える？

治療の例



アスタチン (^{211}At) や
アクチニウム (^{225}Ac) から
「硬X線」が出る

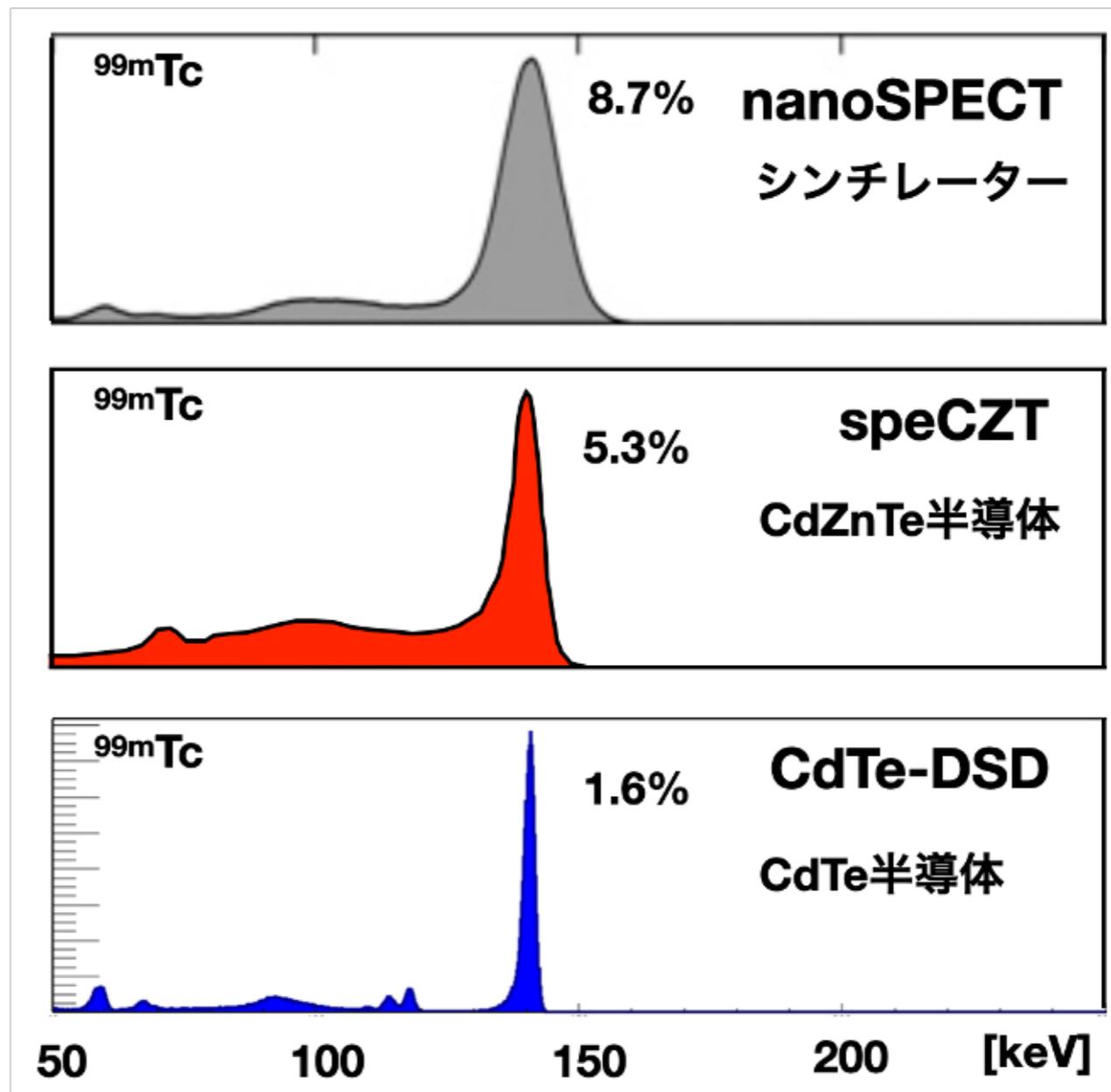
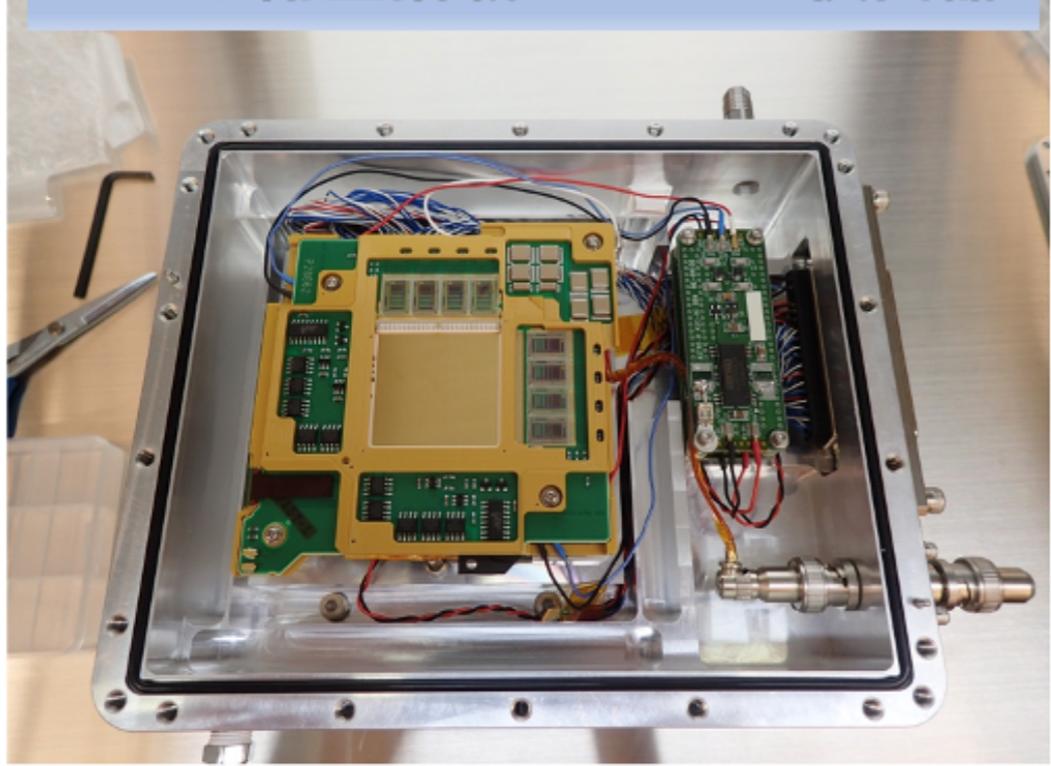


通常の抗がん剤では分からない
体内での分布が見える(はず)

独自のアプローチ①：最先端宇宙センサ技術の応用

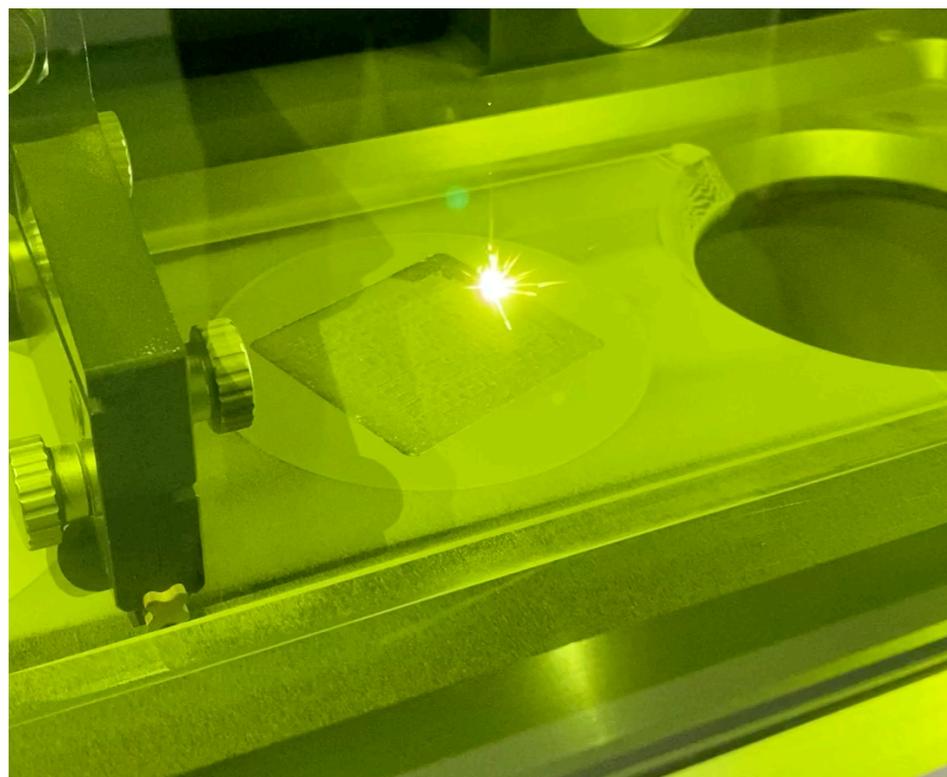


ひとみ衛星搭載 CdTe-DSD検出器



最高グレードの既存装置をはるかに先行する傑出したエネルギー分解能。信号とバックグラウンドを切り分ける能力が格段に高い。

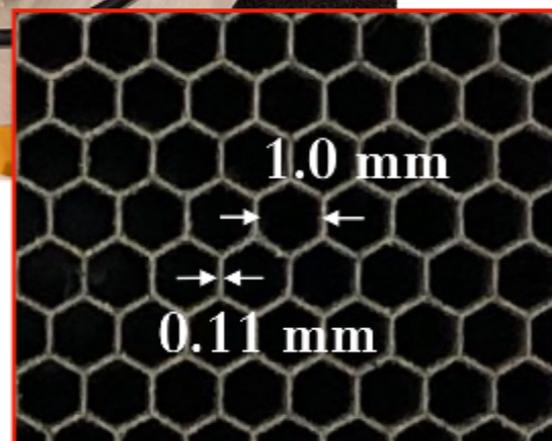
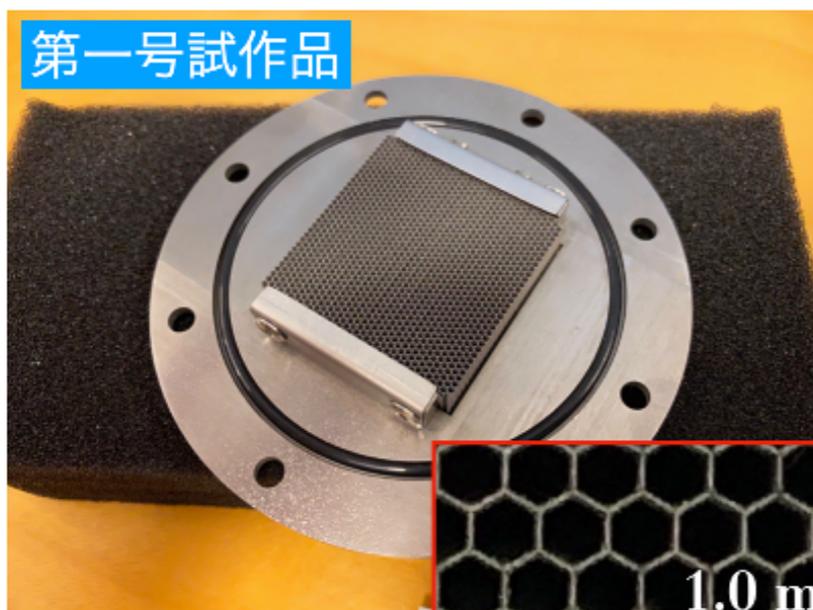
独自のアプローチ②：タングステン3Dプリンタ造形



タングステン（W）は硬X線帯域で鉛よりも優れたコリメータ素材である。しかしながら高融点（ 3400°C ）かつ高硬度のため、精密な加工が難しかった。3Dプリンタ造形でコリメータを製造する技術を開拓。

	IPMU Tungsten 3D Print	Siemens LEHR	Siemens LEAP
Collimeter Geometry [mm]	L=10.0 d=0.92 t=0.11	L=24.05 d=1.11 t=0.16	L=24.05 d=1.45 t=0.20
Material	Tungsten(W)	Lead(Pb)	Lead(Pb)
Collimeter Resolution	1.85 mm	1.58 mm	2.07 mm
Collimator Efficiency	4.69E-04	1.17E-04	2.02E-04

第一号試作品

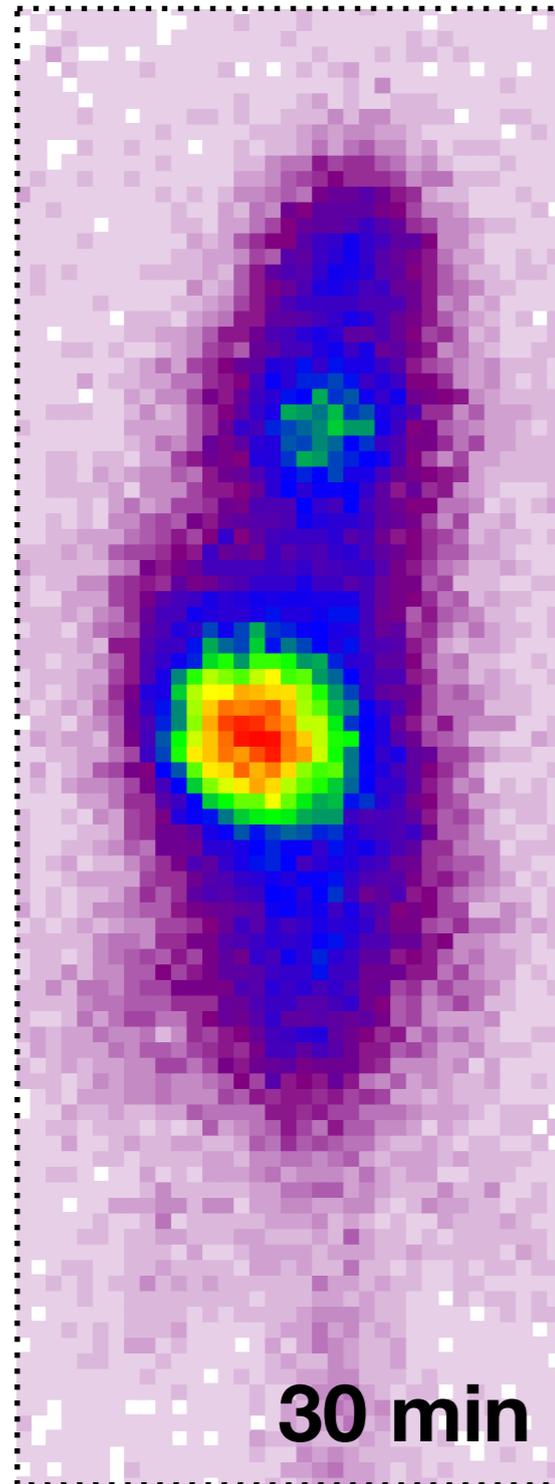


東レとの共同研究

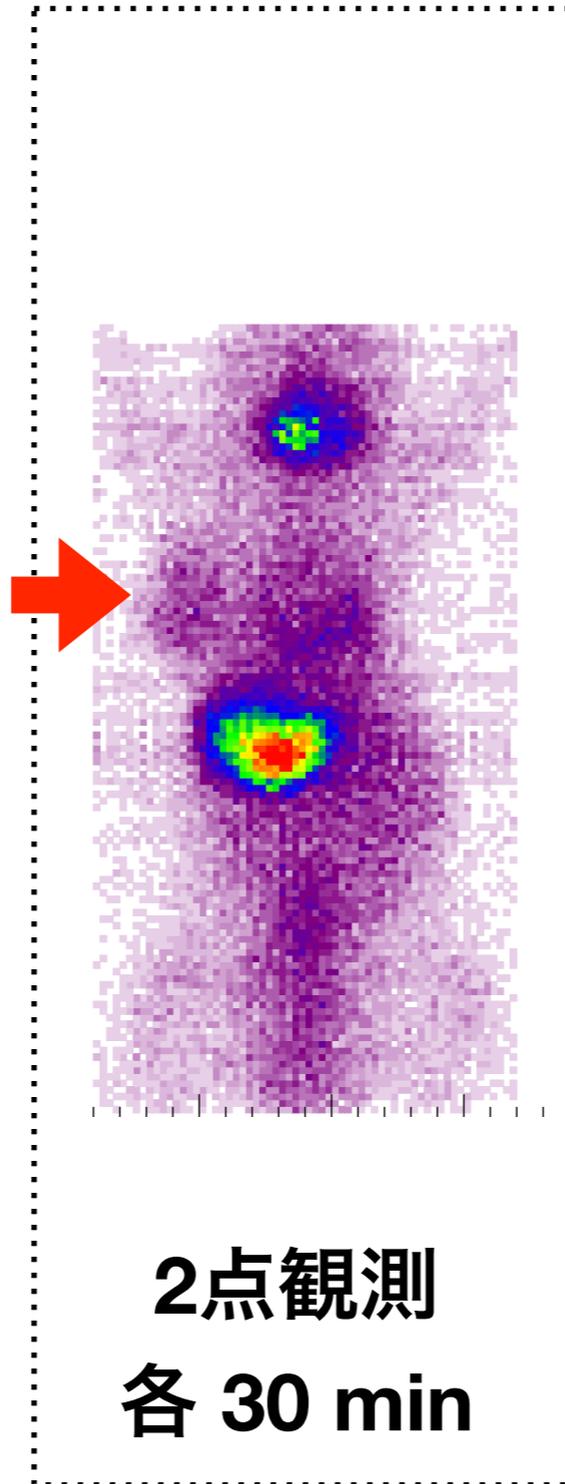
コリメータ設計の自由度が飛躍的に向上。既存のコリメータより数倍優れたコリメータ効率を実現。

K1-NISがん細胞への ^{211}At の集積

E.CAM



IPMU/Osaka CAM



Optical



世界最高クラスの高画質分子イメージング装置

XCam-CdTe

XCam-CdTe は、イメージングセンサーとして高性能テルル化カドミウム (CdTe) 半導体を採用し、タングステンコリメーターを組み合わせることで、世界最高レベルの高解像度・高感度を実現した分子イメージング装置です。本装置は、At-211、Ac-225 などの治療用放射性同位元素を用いた前臨床研究における薬物動態イメージングの需要の高まりを受けて開発されました。具体的には、10-200 keV 帯域の X 線・ガンマ線のイメージング品質を飛躍的に向上し、さらに、マウスの全身を画像化するのに十分な 40mmx80mm の視野を有しています。

XCam-CdTe の仕様詳細

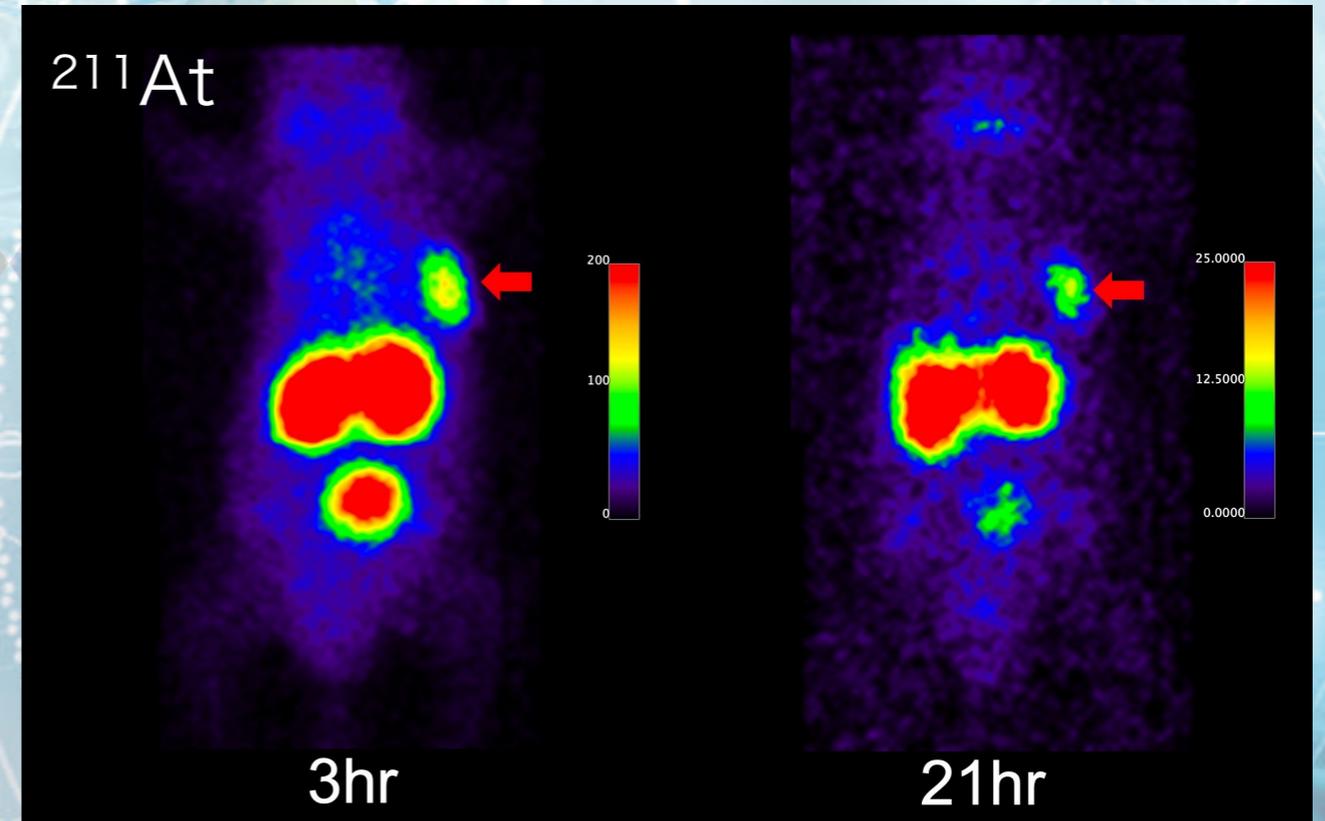
高感度コリメーターを使用したケース

イメージング帯域	10-100keV
空間分解能	1.5mm (最大)
感度	870cps/MBq (I-125: 20-38 keV エネルギー幅)
	180cps/MBq (At-211: 75-95 keV エネルギー幅)
視野	40x80mm
エネルギー分解能	2.5% (FWHM)@122 keV

多目的コリメーターを使用したケース

イメージング帯域	10-200keV
空間分解能	1.5mm (最大)
感度	370cps/MBq (I-125: 20-38 keV エネルギー幅)
	80cps/MBq (At-211: 75-95 keV エネルギー幅)
	100cps/MBq (Tc-99m: 135-145 keV エネルギー幅)
視野	40x80mm
エネルギー分解能	2.5% (FWHM)@122 keV

注：仕様は予告なく変更されることがございます。予めご了承ください。



創薬のためのイメージング装置を商品化。現在、人間用の装置を設計しているところ。

IMAGINE-X